



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001189063 A**

(43) Date of publication of application: 10.07.01

(51) Int. Cl

G11B 21/10  
G11B 21/08

(21) Application number: 11375290

(71) Applicant: TOSHIBA CORP

(22) Date of filing: 28.12.99

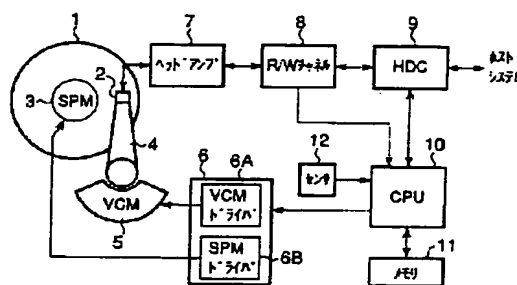
(72) Inventor: KUSUMOTO TATSUHARU

(54) DISK STORAGE DEVICE

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To always, stably and precisely realize head positioning control by preventing deterioration of positioning precision in regular head positioning control when a precise learning value isn't calculated at a learning processing time, that is, in the case of erroneous learning.

**SOLUTION:** A CPU 10 executes learning processing at a starting time of a drive, and preserves the learning value for calculating a correction value in the head positioning control in a memory 11. When an impact exceeding a prescribed value is detected by an impact sensor 12 at the learning processing time, the CPU 10 estimates that the erroneous learning occurs, and abandons the learning value to erase it from the memory 11.



COPYRIGHT: (C)2001, JPO

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-189063

(P2001-189063A)

(43) 公開日 平成13年7月10日 (2001.7.10)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

データベース (参考)

G 1 1 B 21/10

G 1 1 B 21/10

L 5 D 0 8 8

21/08

21/08

Y 5 D 0 9 6

審査請求 有 請求項の数14 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号

特願平11-375290

(22) 出願日

平成11年12月28日 (1999. 12. 28)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 楠本 辰春

東京都青梅市末広町2丁目9番地 株式会

社東芝青梅工場内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

Fターム (参考) 5D088 MM09

5D096 AA02 BB01 CC01 DD01 DD02

EE03 EE06 EE18 FF03 FF05

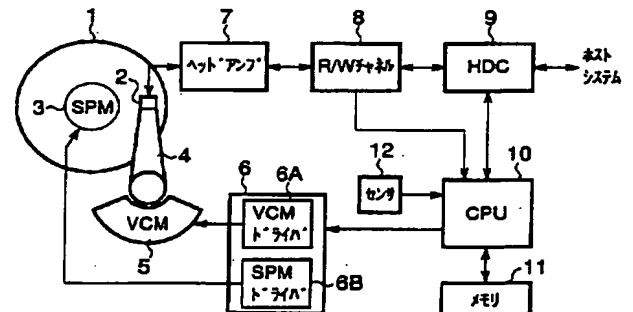
FF06 HH18 KK01 KK12 VV03

(54) 【発明の名称】 ディスク記憶装置

(57) 【要約】

【課題】 学習処理時に正確な学習値を算出できない場合、即ち誤学習の場合には、通常のヘッド位置決め制御での位置決め精度の悪化を未然に防止できるようにして、常に安定かつ高精度のヘッド位置決め制御を実現することにある。

【解決手段】 CPU 10は、ドライブの起動時に学習処理を実行して、ヘッド位置決め制御での補正値を算出するための学習値をメモリ 11に保存する。この学習処理時に、衝撃センサ 12により規定値を超える衝撃を検出した場合には、CPU 10は、誤学習が発生したと推定し、学習値を放棄してメモリ 11から消去する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ディスク上に記録されたサーボデータに基づいて、ヘッドの位置決め制御を実行するディスク記憶装置であって、  
 回転しているディスク上の指定位置に前記ヘッドを移動させる手段と、  
 前記指定位置での前記ヘッドの位置誤差量に基づいて、前記ディスクの偏心量に関係し、前記位置決め制御で使用する補正値を決定するための学習値を算出する学習処理手段と、  
 前記学習処理手段により算出された前記学習値を保存するためのメモリ手段と、  
 前記メモリ手段に保存された学習値に基づいて前記補正値を算出し、かつ前記学習処理手段から算出された学習値が誤った学習値であると推定される場合には当該学習値を放棄する制御手段とを具備したことを特徴とするディスク記憶装置。

【請求項 2】 ディスク上に記録されたサーボデータに基づいて、ヘッドの位置決め制御を実行するディスク記憶装置であって、  
 回転しているディスク上の指定位置に前記ヘッドを移動させる手段と、  
 前記ヘッドに対する外乱による衝撃を検知するための検知手段と、  
 前記指定位置での前記ヘッドの位置誤差量に基づいて、前記ディスクの偏心量に関係し、前記位置決め制御で使用する補正値を決定するための学習値を算出する学習処理手段と、  
 前記学習処理手段により算出された前記学習値を保存するためのメモリ手段と、  
 前記学習処理手段の実行時に、前記検知手段により規定値を超える衝撃が検知された場合に、当該学習処理手段から算出された学習値を放棄する制御手段とを具備したことを特徴とするディスク記憶装置。

【請求項 3】 前記制御手段は、前記学習値を放棄するときに前記メモリ手段に保存された学習値をクリアし、その後の前記学習処理手段の実行を中断して、前記位置決め制御を含むデータの記録再生動作に移行することを特徴とする請求項 1 記載のディスク記憶装置。

【請求項 4】 ディスク上に記録されたサーボデータに基づいて、ヘッドの位置決め制御を実行するディスク記憶装置であって、  
 回転しているディスク上の指定位置に前記ヘッドを移動させる手段と、  
 前記指定位置での前記ヘッドの位置誤差量に基づいて、前記ディスクの偏心量に関係し、前記位置決め制御で使用する補正値を決定するための学習値を算出する学習処理手段と、  
 前記学習処理手段により算出された前記学習値を保存するためのメモリ手段と、

前記学習処理手段の実行時に前記ヘッドにより読出された前記サーボデータの取込みエラーを検出した場合に、当該学習処理手段の実行を中止して当該学習処理手段から算出された学習値を放棄する制御手段とを具備したことを特徴とするディスク記憶装置。

【請求項 5】 ディスク上に記録されたサーボデータに基づいて、ヘッドの位置決め制御を実行するディスク記憶装置であって、

10 回転しているディスク上の指定位置に前記ヘッドを移動させる手段と、  
 前記指定位置での前記ヘッドの位置誤差量に基づいて、前記ディスクの偏心量に関係し、前記位置決め制御で使用する補正値を決定するための学習値を算出する学習処理手段と、  
 前記学習処理手段により算出された前記学習値を保存するためのメモリ手段と、  
 前記学習処理手段の実行時に、前記位置決め制御において前記ヘッドが目標トラックのリード／ライト可能な位置決め範囲を逸脱するドリフトオフの発生回数をカウントするカウント手段と、  
 20 前記学習処理手段の終了後に、前記カウント手段による前記ドリフトオフの発生回数が規定値を超える場合には、当該学習処理手段から算出された学習値を放棄する制御手段とを具備したことを特徴とするディスク記憶装置。

【請求項 6】 前記ドリフトオフのレベルを、通常のデータ記録再生での位置決め制御時と、前記学習処理手段による学習実行時とで変更する手段を有することを特徴とする請求項 5 記載のディスク記憶装置。

30 【請求項 7】 ディスク上に記録されたサーボデータに基づいて、ヘッドの位置決め制御を実行するディスク記憶装置であって、  
 回転しているディスク上の指定位置に前記ヘッドを移動させる手段と、  
 前記指定位置での前記ヘッドの位置誤差量に基づいて、前記ディスクの偏心量に関係し、前記位置決め制御で使用する補正値を決定するための学習値を算出する学習処理手段と、  
 前記学習処理手段により算出された前記学習値を保存するためのメモリ手段と、  
 40 前記ディスクの 1 周分で前記学習処理手段により算出された今回の学習値と前記メモリ手段に保存された前回の学習処理で算出された学習値とを比較し、今回の学習値が前回の学習値より大きい場合に、当該今回の学習値を放棄する制御手段とを具備したことを特徴とするディスク記憶装置。

【請求項 8】 前記制御手段は、前記学習処理手段により算出された学習値から微分値を算出し、当該微分値が正の値の場合には、当該学習値を放棄する手段を有することを特徴とする請求項 7 記載のディスク記憶装置。

【請求項 9】 ディスク上に記録されたサーボデータに基づいて、ヘッドの位置決め制御を実行するディスク記憶装置であって、

回転しているディスク上の指定位置に前記ヘッドを移動させる手段と、

前記指定位置での前記ヘッドの位置誤差量に基づいて、前記ディスクの偏心量に関係し、前記位置決め制御で使用する補正値を決定するための学習値を算出する学習処理手段と、

前記学習処理手段の学習処理の終了後に、前記学習値の振幅値及び位相データを保存するためのメモリ手段と、前記学習処理手段による複数回の学習処理により算出された各学習値の振幅値及び位相データのそれぞれの差が規定値を超える場合には、当該学習値を放棄する制御手段とを具備したことを特徴とするディスク記憶装置。

【請求項 10】 前記制御手段は、前記ヘッドの位置決め制御時に、前記メモリ手段に保存された学習値から前記ディスクの偏心量を抑制するための前記補正値を算出し、前記サーボデータに基づいた位置決め制御演算により算出された制御値に当該補正値を加算することを特徴とする請求項 2、請求項 4、請求項 5、請求項 7、請求項 9 のいずれか記載のディスク記憶装置。

【請求項 11】 前記制御手段は、前記学習処理手段により算出された学習値を放棄する場合に、当該学習処理に関係するヘッド番号を前記メモリ手段に保存し、所定時に当該ヘッド番号のヘッドを使用して前記学習処理手段での再学習処理を実行する手段を有することを特徴とする請求項 2、請求項 4、請求項 5、請求項 7、請求項 9 のいずれか記載のディスク記憶装置。

【請求項 12】 前記制御手段は、前記再学習処理のリトライ回数を記憶し、規定リトライ回数だけ当該再学習処理を繰り返すことを特徴とする請求項 11 記載のディスク記憶装置。

【請求項 13】 ディスク上に記録されたサーボデータに基づいて、ヘッドの位置決め制御を実行するディスク記憶装置であって、

回転しているディスク上の指定位置に前記ヘッドを移動させる手段と、

前記指定位置での前記ヘッドの位置誤差量に基づいて、前記ディスクの偏心量に関係し、前記位置決め制御で使用する補正値を決定するための学習値を算出する学習処理手段と、

前記学習処理手段により算出された前記学習値を保存するためのメモリ手段と、

通常のデータ記録再生動作のリトライ処理が規定回数を超える場合に、前記メモリ手段に保存された学習値を放棄し、前記学習処理手段による再学習処理を実行させる制御手段とを具備したことを特徴とするディスク記憶装置。

【請求項 14】 前記制御手段は、再学習処理により算

出された学習値を前記メモリ手段に保存し、

当該再学習処理が実行されたことをディスクコントローラに通知することを特徴とする請求項 13 記載のディスク記憶装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ディスク上に記録されたサーボデータに基づいて、ヘッドの位置決め制御を実行するディスクドライブに関し、特に位置決め制御の補正処理に使用する補正値を算出するための学習機能を有するディスク記憶装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、ハードディスクドライブ(HDD)には、ディスク上に記録されたサーボデータに基づいて、ヘッドを当該ディスク上の目標位置(目標シリンダ又は目標トラック)に位置決め制御するサーボシステム(ヘッド位置決め制御システム)が設けられている。サーボシステムは、ドライブの制御装置を構成するマイクロプロセッサ(CPU)をメイン要素とするフィードバック系からなる。

【0003】ところで、HDDでは、製造工程において、ヘッド・ディスクアセンブリなどのドライブ機構が組み立てられた後に、サーボライタ(またはサーボトラックライタ:STW)によりディスク上にサーボデータが記録される。一般的に、サーボデータは、図3に示すように、ディスク1上にシリンダ(トラック)単位にほぼ真円形状(点線31)になるように記録されることが望ましい。しかし、STWによるライト工程時に、ドライブに対して外部から衝撃が与えられたり、ディスクを固定しているクランプなどの機械的精度の影響などにより、ディスク1に偏心(歪み)が発生することがある。このような影響によりディスク1に歪みが発生すると、図3に示すように、サーボデータは、実線30のように歪んだ状態で記録される。

【0004】HDDでは、データの記録再生(リード/ライト)時に、サーボシステムは、ヘッド2をサーボデータ(実線30)に追従するように制御し、リード/ライト対象の目標シリンダに位置決め制御することになる。このため、サーボデータの歪みが大きい場合には、通常のフィードバック制御では追従が困難となる。

【0005】そこで、HDDでは、電源投入時に、スピンドルモータ(SPM)によるディスクの回転に同期する偏心量(歪み量)を、ヘッドの位置誤差量(サーボデータの再生により得られる位置誤差演算の算出値)から算出する学習処理を実行するサーボシステムが開発されている。

【0006】このサーボシステムは、学習処理により算出されたヘッド毎の学習値(偏心量)に基づいて、当該偏心量を抑制(圧縮)するための補正値を求めて、通常のフィードバック制御系にフィードフォワード制御で加

算する。具体的には、ディスクが1回転する期間の学習値を算出してメモリに保存し、通常の位置決め制御時にメモリから読出した学習値から補正値を算出する。これにより、フィードバック制御系において、サーボデータに基づいて算出される位置誤差量から、制御対象であるヘッドを制御するための制御値に補正値を加算して、位置決め制御の精度を向上させることが可能となる。ここで、制御対象は、実際にはヘッドを搭載しているアクチュエータを駆動するボイスコイルモータ（VCM）である。

#### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】学習機能を有するサーボシステムであれば、ディスクの偏心によるヘッドの追従制御の悪化を抑制できるため、結果的にヘッド位置決め制御の精度を向上させることができる。しかしながら、例えばドライブの起動時に実行する学習処理時に、例えば外乱による衝撃の影響などにより、正確な偏心量を学習できず（誤学習）、学習値の精度が低下することがある。

【0008】学習機能を有するサーボシステムでは、フィードバック制御により算出される制御値に、学習値に基づいて算出される補正値を加算するため、当該学習値が誤った値の場合には、位置決め精度が著しく悪化することがある。

【0009】そこで、本発明の目的は、学習処理時に正確な学習値を算出できない場合、即ち誤学習の場合には、通常のヘッド位置決め制御での位置決め精度の悪化を未然に防止できるようにして、常に安定かつ高精度のヘッド位置決め制御を実現することにある。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、通常ではディスクドライブの起動時に、ヘッド毎にSPMの回転数に同期したディスクの回転周期成分の位置誤差量を学習することにより、ディスクの偏心量に対応する学習値を求めて、当該学習値から当該偏心量を抑制（圧縮）するための補正値を算出する学習機能を有するサーボシステムに関するものである。当該サーボシステムは、フィードバック制御系により制御対象であるVCMを駆動制御するための制御値を算出し、当該制御値に学習機能により求めた補正値をフィードフォワード制御で加算する。

【0011】このようなサーボシステムを適用するディスクドライブにおいて、本発明のドライブは、ディスクの偏心量に関係し、位置決め制御で使用する補正値を決定するための学習値を算出する学習処理手段と、学習処理手段により算出された前記学習値を保存するためのメモリ手段と、学習処理手段から算出された学習値が誤った学習値であると推定された場合には、当該学習値を放棄（学習値＝0をメモリに格納）する制御手段とを備えている。

【0012】制御手段は、通常のヘッド位置決め制御時

には、メモリ手段に保存された学習値から補正値を算出し、フィードバック制御系により算出される制御値に加算する。また、制御手段は、例えば学習処理手段の実行時に外乱などが影響した場合には、算出された学習値が誤った値であると推定し、当該学習値を放棄する。

【0013】このような構成により、誤った学習値が算出された場合、即ち誤学習がなされた場合には、学習値を放棄することにより、通常のヘッド位置決め制御でのフィードバック制御系に対する誤学習の影響を未然に防止できる。従って、相対的には、ヘッド位置決め制御での位置決め精度の著しい悪化を防止できる。

【0014】さらに、前記制御手段は、前記学習処理手段により算出された学習値を放棄する場合に、当該学習処理に関係するヘッド番号を前記メモリ手段に保存し、所定時に当該ヘッド番号のヘッドを使用して前記学習処理手段での再学習処理を実行する。この場合、当該制御手段は、前記再学習処理のリトライ回数を記憶し、規定リトライ回数だけ当該再学習処理を繰り返す。

#### 【0015】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。

【0016】（ディスクドライブの構成）同実施形態のディスク記憶装置としては、ハードディスクドライブ（HDD）を想定し、図1に示すように、データ記録媒体であるディスク1と、ディスク1に対してデータの記録再生を行なうためのヘッド2とを有する。ディスク1は、スピンドルモータ（SPM）3により高速回転する。ディスク1には、ヘッド2を目標シリンダに位置決め制御するために使用されるサーボデータが記録されている。ディスク1上の各シリンダは、大別してサーボデータが記録されたサーボエリアと、ユーザデータを記録するためのデータセクタとから構成されている。

【0017】ヘッド2は、リードヘッド素子とライトヘッド素子とがスライダに実装されている構造である。ヘッド2は、ボイスコイルモータ（VCM）5により駆動されるアクチュエータ4に搭載されている。VCM5は、ヘッド位置決め制御系（サーボシステム）での狭義の制御対象（プラント）であり、モータドライバIC6に含まれるVCMドライバ6Aにより駆動電流が供給される。モータドライバIC6は、VCMドライバ6Aと共に、SPM3に駆動電流を供給するSPMドライバ6Bを含み、後述するマイクロプロセッサ（CPU）10により制御される。

【0018】ディスクドライブは、以上のヘッド・ディスクアセンブリと共に、ヘッドアンプ回路7と、リード／ライト（R/W）チャネル8と、ディスクコントローラ（HDC）9と、CPU10と、メモリ11と、衝撃センサ12とを有する回路系を備えている。

【0019】ヘッドアンプ回路7は、複数のヘッド2の切り換え、及びヘッド2との間のリード／ライト信号

の入出力などを実行する。R/Wチャンネル8は、リード/ライト信号の記録再生処理回路であり、サーボデータを再生してCPU10に送出する機能も有する。HDC9は、ドライブとホストシステムとの間のコマンド、リード/ライトデータの通信を制御するインタフェース機能、及びR/W回路8との間のリード/ライトデータの通信を制御するディスクコントローラ機能を有している。

【0020】CPU10は、ディスクドライブのメイン制御装置であり、ヘッド位置決め制御系（サーボシステム）のメイン要素である。CPU10は、同実施形態に  
10 関係する通常のヘッド位置決め制御および学習処理を実行する。メモリ11は、フラッシュEEPROMなどの書き換え可能な不揮発性メモリであり、CPU10の学習処理により算出された学習値などを保存する。

【0021】さらに、同実施形態のディスクドライブは、外乱による衝撃を検知するための衝撃センサ12を有する。同実施形態では、CPU10は、衝撃センサ12により、学習処理時に外乱による衝撃がドライブに加えられたことを検出する。

【0022】（ヘッド位置決め制御系）同実施形態のディスクドライブには、CPU10をメイン要素とするサーボシステムが構成されている。サーボシステムは、概念的には図2に示すように、安定化補償部（コントローラ要素）C1からの制御値により制御対象（プラント、即ちVCM5）Pを制御するフィードバック制御系、および当該フィードバック制御系に補正值（Uf）を加算するフィードフォワード制御系からなる。

【0023】フィードバック制御系では、目標位置（目標シリンダ）Rと現在のヘッド位置（Y）との差分が位置誤差量（E）となる。安定化補償部（C1）は、位置誤差量（E）がゼロになるように、プラント（P）を制御してヘッドの位置決め制御を実行する。ここで、図3に示すように、ディスク1の偏心に依拠してサーボデータに歪み（実線30）が発生している場合には、安定化補償部（C1）の制御処理だけでは、位置誤差量（E）をゼロにできない誤差量（ΔE）が発生する。

【0024】そこで、フィードフォワード制御系により、補正值（Uf）を加算することにより、誤差量（ΔE）を抑制して、位置誤差量（E）をゼロにする。フィードフォワード制御系は、適応型偏心圧縮制御部（C2a）、初期学習型偏心圧縮制御部（C2b）、及びそれらを切り換えるためのスイッチ要素（SW1、SW2）から構成されている。各偏心圧縮制御部（C2a、C2b）はいずれも、SPM3の回転数に同期したディスク1の偏心量を抑圧するための制御部である。これらの制御方式は、各サーボセクタ分の補正量を計算しておきセクタ毎の補正量を記憶する方式や、位置誤差量（E）をフーリエ級数展開することで各偏心周波数成分の大きさと位相を求めて、これらの値に基づいて補正量（補正值  
50

Uf）を算出する方式がある。フィードフォワード制御系も、フィードバック制御系と同様に、実際にはCPU10の制御演算処理により実現される。

【0025】（フィードフォワード制御系の動作）ディスクドライブの電源投入直後では、フィードフォワード制御系のスイッチ要素（SW1）をONにして（スイッチ要素SW2はOFF）、初期学習型偏心圧縮制御部（C2b）が偏心量を学習処理し、当該学習値をメモリ11に保存する。その後、通常の位置決め制御時には、  
10 スwitch要素（SW1、SW2）をOFFにして、初期学習型偏心圧縮制御部（C2b）はメモリ11に保存されている学習値を用いて、偏心圧縮量である補正值（Uf）を算出し、フィードバック制御系に加算する。

【0026】一方、適応型偏心圧縮制御部（C2a）は、初期学習型偏心圧縮制御部（C2b）偏心圧縮制御器（C2b）による補正では位置決め精度が向上しない場合に、スイッチ要素（SW2）のONにより動作する。即ち、適応型偏心圧縮制御部（C2a）は、データのリード/ライト動作での目標シリンダに対して、随時  
20 偏心量を学習する学習処理を実行する。そして、当該学習値から補正值（Uf）を算出し、フィードバック制御系に加算する。但し、常時、偏心量を学習する方式では学習処理に要する時間のため、データのリード/ライト処理のパフォーマンスを低下させる可能性がある。そこで、スイッチ要素（SW2）は通常時はOFFの状態で、リード/ライト時に位置決め精度が悪化した場合のみONになるように制御される。

【0027】（第1の実施形態）以下図1及び図2以外に、図4のフローチャートを参照して、第1の実施形態の学習処理を説明する。なお、図2に示す制御系について  
30 は、CPU10の動作として説明する。

【0028】同実施形態は、前述したように、初期学習型偏心圧縮制御部（C2b）による初期学習中に、図2に示す外乱による衝撃（D）がドライブにあったことを検知した場合には、現在学習中の初期学習値を放棄（学習値＝0をメモリに格納）する。

【0029】まず、初期学習処理が開始されると、CPU10は、ヘッド2をディスク1上に予め設定した学習用シリンダまで移動させる（ステップS1）。CPU10は、ヘッド2から読出したサーボデータに基づいて位置誤差量（E）を算出し、当該位置誤差量（E）からディスク1の偏心量に相当する学習値を算出する（ステップS2）。

【0030】ここで、CPU10は、衝撃センサ12から外乱による衝撃があったことを検出すると、学習処理より算出した学習値を放棄（学習値＝0をメモリに格納）する（ステップS3のYES、S4）。一方、CPU10は、衝撃センサ12による衝撃検出がない場合には、例えばヘッド毎にディスク1の20周分程度の学習  
50 処理が終了後に、学習値をメモリ11に保存する（ステ

ップS3のNO, S5, S6)。

【0031】以上のような初期学習処理により、メモリ11には学習値が保存されている。CPU10は、通常のリード／ライト動作に伴うヘッド位置決め制御に移行すると、メモリ11に保存された学習値を使用して、前述したような補正值(Uf)を算出する。この補正值(Uf)を、フィードバック制御系により算出した制御値に加算することにより、ディスク1の偏心量に伴う位置誤差量( $\Delta E$ )を抑制できる位置決め制御を実行する。

【0032】ここで、初期学習処理時に、外乱による衝撃があると、誤った学習値を算出する誤学習処理が実行される可能性が高い。そこで、CPU10は、衝撃を検知すると、誤学習処理が実行されたと推定し、学習値を放棄する。従って、通常の位置決め制御に移行したときに、誤った学習値を使用して、ヘッド位置決め精度が著しく悪化するような事態を未然に防止することができる。

【0033】(変形例1)図5は、同実施形態の変形例1に関するフローチャートである。本変形例は、衝撃センサ12の検出レベルを、学習処理用に設定する構成である。即ち、通常のリード／ライト動作時と同様な検出レベルに設定した場合に、CPU10は、初期学習処理を実行しない比率が高くなり、結果的に学習値を得られない可能性が高くなる。そこで、多少の衝撃力が加わった程度では、学習処理課程で吸収することが可能なので、誤学習を起こさない程度に初期学習時の衝撃センサ12の検出レベルを、通常動作時の検出レベルより低いレベルに変更して設定する(ステップS11)。なお、以後の処理手順は、同実施形態の処理ステップS1～S6と同様の処理ステップS12～S17からなる。

【0034】(変形例2)図6は、同実施形態の変形例2に関するフローチャートである。本変形例は、学習処理中に、衝撃検出ではなくアドレスエラーなどのサーボデータの取込みエラーが発生した場合には、学習値を放棄(学習値=0をメモリに格納)する(ステップS23のYES, S24)。即ち、アドレスエラー(シリンダコードエラー、セクタコードエラー)などのサーボデータの取込みエラーが発生した場合には、誤学習処理が実行されている可能性が高い。

【0035】そこで、当該学習処理により算出された学習値を放棄(学習値=0をメモリに格納)することにより、通常の位置決め制御に移行したときに、誤った学習値を使用して、ヘッド位置決め精度が著しく悪化するような事態を未然に防止することができる。なお、処理ステップS24以外の処理ステップS21～S26は、同実施形態の処理ステップS1～S6と同様の手順である。

【0036】(第2の実施形態)図7は、第2の実施形態に関する初期学習処理の手順を示すフローチャート

である。本実施形態は、ドリフトオフの発生に基づいて初期学習処理中での誤学習の発生を判定するシステムである。ここで、ドリフトオフとは、ヘッド位置決め精度が規定値を超えて悪化し、データのライト動作を禁止する事態である。

【0037】具体的には、CPU10は、初期学習処理の終了後に、学習処理に使用した位置誤差量(E)がドリフトオフレベル(ライト禁止レベル)の場合には、誤学習があったものと判断して、現在の学習値を放棄(学習値=0をメモリに格納)する。

【0038】以下図7のフローチャートを参照して、同実施形態の学習処理の手順を説明する。

【0039】まず、初期学習処理が開始されると、CPU10は、ヘッド2をディスク1上に予め設定した学習用シリンダまで移動させる(ステップS31)。CPU10は、ヘッド2から読出したサーボデータに基づいて位置誤差量(E)を算出し、当該位置誤差量(E)からディスク1の偏心量に相当する学習値を算出する学習処理を終了まで実行する(ステップS32)。

【0040】次に、学習処理の終了後に、CPU10は、学習値が適応された状態でヘッド2を位置決めしているため、この状態でのドリフトオフの発生を確認する(ステップS33)。ドリフトオフが発生していれば、CPU10は内部カウンタであるドリフトオフの発生カウンタ(カウント値DC)を更新する(ステップS33のYES, S39)。CPU10は、この操作をドリフトオフの監視時間終了まで続行する(ステップS34)。

【0041】ドリフトオフの監視時間が終了した後に、CPU10は発生カウンタにより、ドリフトオフの発生回数(DC)を確認する(ステップS35)。CPU10は、ドリフトオフの発生回数(DC)が規定回数以下の場合には、初期学習処理が正常に終了したものと判定し、当該初期学習値をメモリ11に格納する(ステップS36のYES, S37)。一方、ドリフトオフの発生回数(DC)が規定回数を超える場合には、CPU10は誤学習があったものと推定し、現在の初期学習値を放棄(学習値=0をメモリに格納)して終了する(ステップS36のNO, S38)。

【0042】以上のように、CPU10は、学習処理の終了後にドリフトオフが発生していれば、誤学習処理が実行されたと推定し、学習値を放棄する。従って、通常の位置決め制御に移行したときに、誤った学習値を使用して、ヘッド位置決め精度が著しく悪化するような事態を未然に防止することができる。

【0043】なお、前記の初期学習処理時におけるドリフトオフの監視レベル(基準)を、通常のライト動作時よりも厳しく設定する方が望ましい。誤学習があってもドリフトオフレベルの上限値まで位置誤差量の悪化を抑制することが可能であるが、通常のリード／ライト動作

時のパフォーマンスを低下させる可能性がある。

【0044】（第3の実施形態）図8から図10は、第3の実施形態に係る初期学習処理を説明するための図である。本実施形態は、学習処理での誤学習が発生したか否かを、学習値の収束性で判断するシステムである。

【0045】ディスク1上に記録されたサーボデータに歪み（即ち、偏心）が発生すると、図8の点線82で示すように、位置誤差量が常に残存する状態となる。そこで、初期学習処理を開始すると、同図の実線81で示すように、徐々に点線82で示す偏心量を学習し、偏心圧縮制御することで位置誤差量が減少する。この偏心量（学習値）の収束性は、同図の一点鎖線83で示すようになる。この収束値が徐々に小さくなれば、当該学習処理は正常に実行されて、正しい学習値を算出することが可能であると判断できる。

【0046】しかし、図9の点線91で示すように、外乱が加わると、位置誤差量が増加する。この外乱の影響を受けた位置誤差量に基づいて学習処理を実行すると、偏心圧縮時の位置誤差量も増大する（同図の実線93を参照）。従って、同図の一点鎖線92で示すように、学習値（偏心量）も収束しないことになる。前述したように、通常的位置決め制御時に、当該学習値をフィードフォワード系によりフィードバック系に加算すると、ヘッド位置決め精度は著しく悪化することになる。

【0047】以上のように学習値の収束性に着目することにより、学習処理での誤学習が発生したか否かを判断できる。以下図10のフローチャートを参照して、学習処理の手順を具体的に説明する。

【0048】まず、CPU10は、ヘッド2をディスク1上に予め設定した学習用シリンダまで移動させる（ステップS41）。次に、CPU10は、ディスク1周分の学習処理（即ち、位置誤差量（E）からディスク1の偏心量に相当する学習値を算出する）を実行する（ステップS42）。CPU10は、算出した1周分の学習値をメモリ11に保存する（ステップS43）。

【0049】次に、CPU10は、ディスク1周分の学習処理を再実行し、算出した今回の学習値と、メモリ11に保存された前回の学習値とを比較する（ステップS44）。CPU10は、前回の学習値よりも今回の学習値の方が小さい場合には、学習値が収束の方向であるため、正常に学習処理が実行されていると判断し、今回の学習値をメモリ11に保存する（ステップS45のYES、S46、S47）。一方、逆に、前回学習値よりも今回の学習値の方が大きい場合には、何らかの要因により学習値が収束していないため、誤学習があったものと推定し、現在の学習値を放棄（学習値＝0をメモリに格納）する（ステップS45のNO、S48）。

【0050】以上のように、CPU10は、学習処理による学習値の収束性に基づいて誤学習処理が実行された

と推定した場合には、学習値を放棄（学習値＝0をメモリに格納）する。従って、通常的位置決め制御に移行したときに、誤った学習値を使用して、ヘッド位置決め精度が著しく悪化するような事態を未然に防止することができる。

【0051】（変形例）図11は、同実施形態の変形例を示すフローチャートである。本変形例は、学習値から微分値を算出し、当該微分値が負の値ならば学習値が収束していると推定し、当該微分値が正の値ならば学習値が収束していないので誤学習があったと判断するシステムである。

【0052】具体的には、まず、CPU10は、ヘッド2をディスク1上に予め設定した学習用シリンダまで移動させる（ステップS51）。次に、CPU10は、ディスク1周分の学習処理を実行する（ステップS52）。CPU10は、算出した1周分の学習値をメモリ11に保存する（ステップS53）。

【0053】次に、CPU10は、メモリ11に保存した学習値が規定値以内に収束しているか否かを判定する（ステップS54）。この判定処理は、同実施形態の今回の学習値と前回の学習値とを比較する方法でよい。CPU10は、学習値が収束の方向でない場合には、学習値から微分値を算出する（ステップS54のNO、S55）。当該微分値が負の値ならば、学習値が許容範囲内で収束していると推定し、学習値をメモリ11に保存する（ステップS56のYES、S57、S58）。当該微分値が正の値ならば、CPU10は学習値が収束していないので誤学習があったものと推定し、学習値を放棄（学習値＝0をメモリに格納）する（ステップS56のNO、S59）。

【0054】以上のように、CPU10は、学習処理による学習値の微分値に基づいて収束性を判断し、当該収束性に基づいて誤学習処理が実行されたと推定した場合には、学習値を放棄（学習値＝0をメモリに格納）する。従って、通常的位置決め制御に移行したときに、誤った学習値を使用して、ヘッド位置決め精度が著しく悪化するような事態を未然に防止することができる。

【0055】（第4の実施形態）図12は、第4の実施形態に係る初期学習処理を説明するためのフローチャートである。本実施形態は、学習処理での誤学習が発生したか否かを、学習値の振幅値と位相とで判断するシステムである。

【0056】ここで、ディスク1の歪み（偏心量）を位置誤差量（E）から求める方法について具体例を説明する。

【0057】位置誤差量（E）をフーリエ級数展開した場合に、SPM3の回転に同期した1次成分（L1）、2次成分（L2）、3次成分（L3）、・・・、n次成分（LN）は下記式（1）により求められる。

【0058】

$$L1 = \alpha 1 \sin(1 \cdot 2\pi / T \cdot t) + \beta 1 \cos(1 \cdot 2\pi / T \cdot t)$$

$$L2 = \alpha 2 \sin(2 \cdot 2\pi / T \cdot t) + \beta 2 \cos(2 \cdot 2\pi / T \cdot t)$$

$$L3 = \alpha 3 \sin(3 \cdot 2\pi / T \cdot t) + \beta 3 \cos(3 \cdot 2\pi / T \cdot t)$$

$$Ln = \alpha n \sin(n \cdot 2\pi / T \cdot t) + \beta n \cos(n \cdot 2\pi / T \cdot t) \cdots (1)$$

ここで、TはSPM3の1回転時間であり、tは時間であり、 $\alpha 1 \sim \alpha n$ 、 $\beta 1 \sim \beta n$ はn次の学習係数を意味する。

【0059】学習値Lは、下記式(2)により求められる。

【0060】

$$L = \sqrt{(\alpha n^2 + \beta n^2) \cdot \sin(n \cdot 2\pi / T \cdot t + \theta)} \cdots (2)$$

前記式(1)に示すように、SPM3の回転同期した各成分が求められる。図2に示す偏心圧縮制御部(C2aまたはC2b)は、下記式(3)を演算して、補正值(Uf)を算出する。

$$【0061】 Uf = (1 + C1 \cdot P) / P \cdot L \cdots (3)$$

ただし、 $L = L1 + L2 + L3 + \cdots + Ln$ である。

【0062】仮に、ディスク1の歪みに再現性があるならば、学習値Lの振幅( $A = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}$ )と位相

( $\theta$ )の値はほぼ同様な値を取得することになる。しかし、図2に示すような外乱(D)が入力された場合には、振幅(A)と位相( $\theta$ )の再現性が無くなってしま

う。

【0063】そこで、図12のフローチャートに示すように、同一の学習シリンダで学習処理を複数回実行し、振幅(A)と位相( $\theta$ )の再現性がなかった場合は、外乱等によって誤学習があったものと判断して、現在の学習値を放棄(学習値=0をメモリに格納)する。以下具体的に処理手順を説明する。

【0064】まず、CPU10は、ヘッド2をディスク1上に予め設定した学習用シリンダまで移動させる(ステップS100)。次に、CPU10は、同一学習用シリンダで、複数回の学習処理を実行する(ステップS101)。CPU10は、算出した学習値の振幅(A)と位相( $\theta$ )をメモリ11に保存する(ステップS102)。

【0065】2回目の学習処理が終了すると、CPU10は、メモリ11から1回目と2回目の各学習値(振幅(A)と位相( $\theta$ ))を比較する(ステップS104)。この比較結果が規定誤差以内であれば、CPU10は、算出した学習値(例えば1回目の学習値)をメモリ11に保存する(ステップS105のYES、S106)。一方、当該比較結果が規定誤差以上の場合には、CPU10は誤学習があったと推定し、現在の学習値を放棄(学習値=0をメモリに格納)する(ステップS105のNO、S107)。

【0066】(第5の実施形態)図13は、第5の実施形態に関する初期学習処理を説明するためのフローチャートである。本実施形態は、学習処理での誤学習が発生したか否かを、学習係数値に基づいて判断するシステ

ムである。ここで、学習係数値とは、前述した $\alpha 1 \sim \alpha n$ 、 $\beta 1 \sim \beta n$ である。以下具体的に処理手順を説明する。

【0067】まず、CPU10は、ヘッド2をディスク1上に予め設定した学習用シリンダまで移動させる(ステップS110)。次に、CPU10は、同一学習用シリンダで、複数回の学習処理を実行する(ステップS111)。CPU10は、算出した学習値の学習係数値( $\alpha 1 \sim \alpha n$ 、 $\beta 1 \sim \beta n$ )をメモリ11に保存する(ステップS112)。

【0068】2回目の学習処理が終了すると、CPU10は、メモリ11から1回目と2回目の各学習値(学習係数値)を比較する(ステップS114)。この比較結果が規定誤差以内であれば、CPU10は、算出した学習値(例えば1回目の学習値)をメモリ11に保存する(ステップS115のYES、S116)。一方、当該比較結果が規定誤差以上の場合には、CPU10は誤学習があったと推定し、現在の学習値を放棄(学習値=0をメモリに格納)する(ステップS115のNO、S117)。

【0069】(第6の実施形態)図14及び図15は、第6の実施形態に関する学習処理の手順を説明するためのフローチャートである。本実施形態は、誤学習が発生したヘッド番号を記憶し、次のリード/ライトコマンドの発行時に学習処理のリトライを実行するシステムである。

【0070】以下図14及び図15のフローチャートを参照して、同実施形態の学習処理を説明する。

【0071】まず、CPU10は、ヘッド2をディスク1上に予め設定した学習用シリンダまで移動させる(ステップS61)。次に、CPU10は、学習用ヘッドを選択し、学習処理を実行する(ステップS62、S63)。CPU10は、誤学習を判断(前述の各実施形態での判断処理)し、誤学習でない場合には学習値をメモリ11に保存する(ステップS64のNO、S65)。

【0072】一方、誤学習があったと判断した場合には、CPU10は学習値を放棄(学習値=0をメモリ11に格納)する(ステップS64のYES、S67)。このとき、CPU10は、誤学習があったヘッド番号をメモリ11に保存する。そして、全ヘッドについて、前記の学習処理を繰り返して初期学習を終了する(ステップS66)。

【0073】次に、HDC9を介してホストシステムからリード/ライトコマンドが発行されたときに、CPU10は、メモリ11を参照して初期学習処理時に未学習のヘッド(誤学習があったヘッド番号)があるか否かを判断し、ない場合にはリード/ライトコマンドを実行する(ステップS71のNO)。

【0074】一方、未学習のヘッドがある場合には、CPU10は、ヘッドを学習シリンダへ移動させて、未学

習ヘッドを選択する（ステップS71のYES, S72, S73）。CPU10は、学習処理を実行し、誤学習を判断する（ステップS74, S75）。誤学習でない場合には学習値をメモリ11に保存する（ステップS75のNO, S76）。また、誤学習があったと判断した場合には、CPU10は学習値を放棄し、誤学習があったヘッド番号をメモリ11に保存する（ステップS75のYES, S78）。このような学習処理を、未学習ヘッドのすべてについて繰り返した後に終了する（ステップS77）。

【0075】以上のように、学習処理において誤学習が発生した場合に、学習値を放棄すると共に、当該誤学習のヘッド番号を記憶する。そして、次のリード/ライトコマンドの実行時に、当該未学習のヘッドに関して学習処理をリトライする。従って、誤学習が発生した状況が変化している場合には、同実施形態の方式により、正常な学習値を算出できる可能性が高くなる。なお、同実施形態の学習リトライ動作は、次のリード/ライトコマンドの発行時だけでなく、アイドルコマンドの発行時でもよい。

【0076】（第7の実施形態）図16は、第7の実施形態に係る学習処理の手順を説明するためのフローチャートである。本実施形態は、第6の実施形態と同様に学習処理のリトライ動作に関するものであり、当該リトライ動作の回数を制限するシステムである。

【0077】以下図16のフローチャートを参照して、同実施形態の学習処理を説明する。

【0078】まず、CPU10は、ヘッド2をディスク1上に予め設定した学習用シリンダまで移動させる（ステップS81）。次に、CPU10は、学習用ヘッドを選択し、学習処理を実行する（ステップS82, S83）。CPU10は、誤学習を判断し、誤学習でない場合には学習値をメモリ11に保存する（ステップS84のNO, S85）。

【0079】一方、誤学習があったと判断した場合には、CPU10は学習値を放棄（学習値=0をメモリ11に格納）する（ステップS84のYES, S87）。この場合には、CPU10は、再度の学習処理（学習リトライ）を、規定回数だけ実行する（ステップS88）。当該学習リトライが規定回数に達しても誤学習がある場合には、CPU10は、学習値を放棄し、誤学習があったヘッド番号をメモリ11に保存する（ステップS88のYES, S89）。そして、全ヘッドについて、前記の学習処理を繰り返して初期学習を終了する（ステップS86）。

【0080】以上のように、学習処理での誤学習のために学習値を放棄した状態では、フィードバック制御系に補正值（Uf）が加算されないため、ヘッド位置決め精度の悪化を招く可能性がある。そこで、学習リトライにより、正常な学習値の算出が可能となるが、規定回数以

上の学習リトライは、ドライブのパフォーマンスの低下を招くことになる。従って、同実施形態の方式により、学習リトライを規定回数で制限することにより、ドライブのパフォーマンスの低下を防止することができる。

【0081】（第8の実施形態）図17は、第8の実施形態に係る学習処理の手順を説明するためのフローチャートである。本実施形態は、初期学習処理の実行後で、通常のリード/ライト動作時に位置決め精度の悪化（ドリフトオフの発生）で、ディスク1上にリード/ライトできない場合に、現在の学習値を放棄して再学習処理を実行するシステムである。

【0082】以下図17のフローチャートを参照して、同実施形態の学習処理を説明する。

【0083】まず、CPU10は、HDC9からホストシステムのリード/ライトコマンドを受けると、ヘッド2を目標シリンダ（アクセス対象シリンダ）に移動させる（ステップS91）。CPU10は、目標シリンダ内のデータセクタにデータをライトする前に、サーボデータに基づいた位置誤差量がドリフトオフレベルかを判定する（ステップS92）。即ち、ヘッド2の位置決め誤差が、規定位置誤差以内か否かを判定する。CPU10は、位置誤差量がドリフトオフレベル以内ならばリード/ライト動作を実行する（ステップS93のYES, S94）。

【0084】一方、ドリフトオフレベル以上の場合には、位置決め精度が規定より悪化しているため、CPU10はリード/ライト動作を禁止する（ステップS93のNO）。HDC9は、CPU10からリード/ライト動作の禁止を通知されると、リトライカウンタを更新して、再度のリード/ライト要求を実行する（ステップS103）。即ち、CPU10は、規定回数までリード/ライト動作のリトライを実行する（ステップS95）。

【0085】リトライ回数が規定値を超えても、位置決め精度の悪化が解消されない場合には、CPU10は、フィードフォワード制御系で、フィードバック制御系に加算している補正值（学習値に基づいた算出値）に異常があると推定する（ステップS95のNO）。CPU10は、誤学習値に基づいて補正值を演算していると推定し、現在使用している学習値を放棄（学習値=0をメモリに格納）する（ステップS96）。

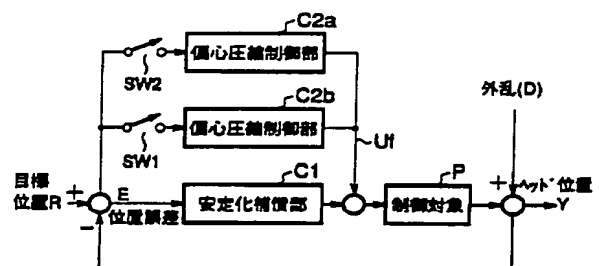
【0086】そして、CPU10は、ヘッド2を学習シリンダに移動させて、再度の学習処理（学習リトライ）を実行する（ステップS97, S98）。この学習リトライで学習が正常に終了すれば、CPU10は、算出した学習値をメモリ11に保存する（ステップS99のNO, S100）。この場合、CPU10は、学習リトライを実行したことをHDC9に通知する（ステップS101）。一方、誤学習があった場合は、CPU10は、学習値を放棄（学習値=0をメモリに格納）する（ステップS99のYES, S102）。

【符号の説明】

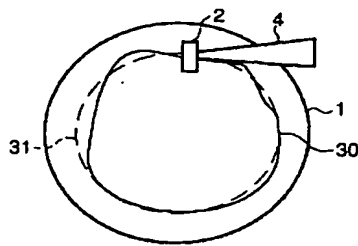
【図 8】第 3 の実施形態に関する学習収束性を説明するための図。

- 20 1…ディスク
- 2…ヘッド
- 3…スピンドルモータ (SPM)
- 4…アクチュエータ
- 5…ボイスコイルモータ (VCM)
- 6…モータドライバ
- 6 A…VCMドライバ
- 6 B…SPMドライバ
- 7…ヘッドアンプ回路
- 8…リード/ライトチャネル
- 30 9…ディスクコントローラ (HDC)
- 1 0…マイクロプロセッサ (CPU)
- 1 1…メモリ
- 1 2…衝撃センサ

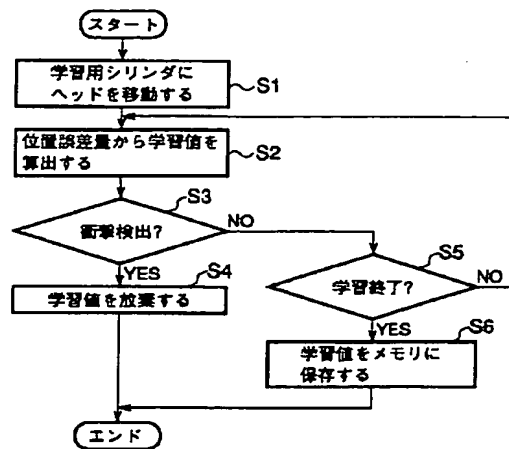
【图 2】



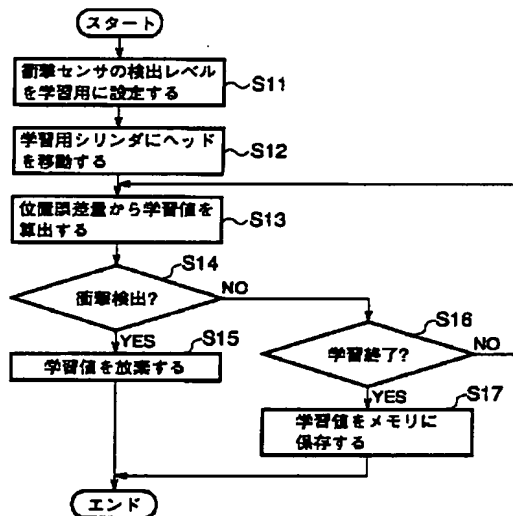
【図3】



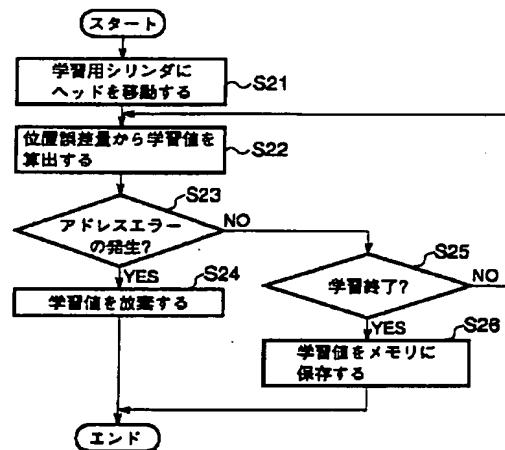
【図4】



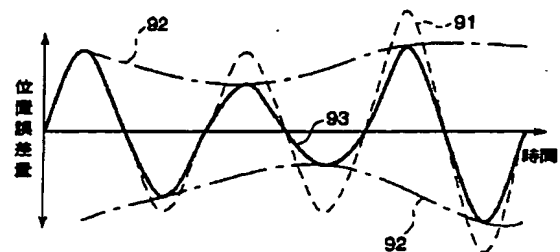
【図5】



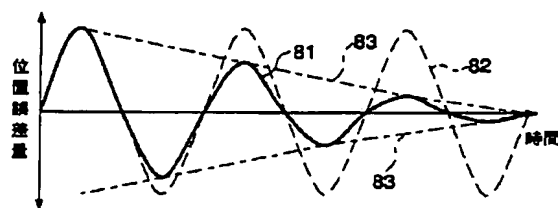
【図6】



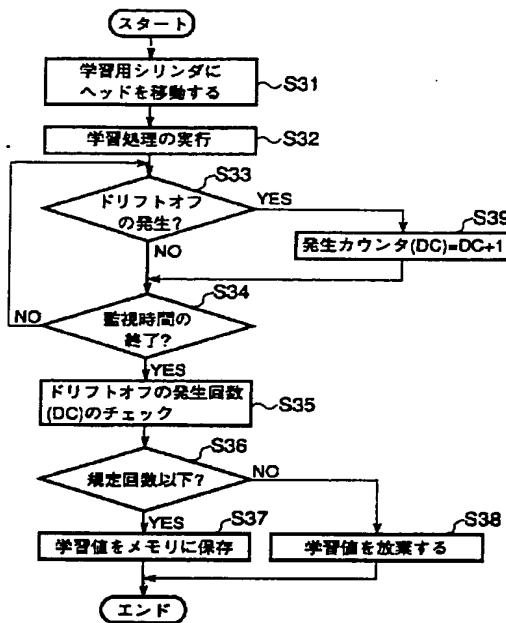
【図9】



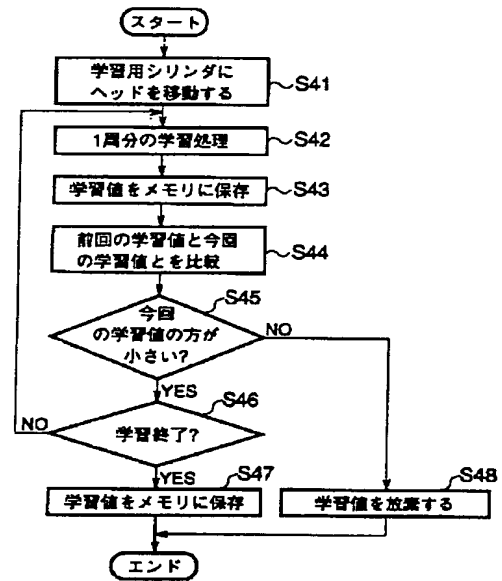
【図8】



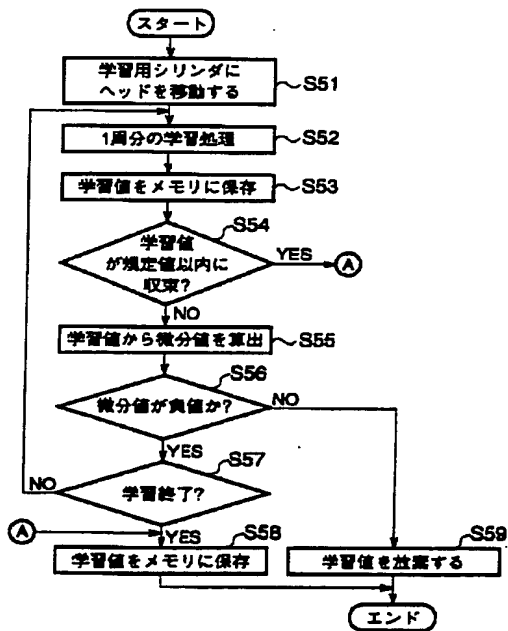
【図7】



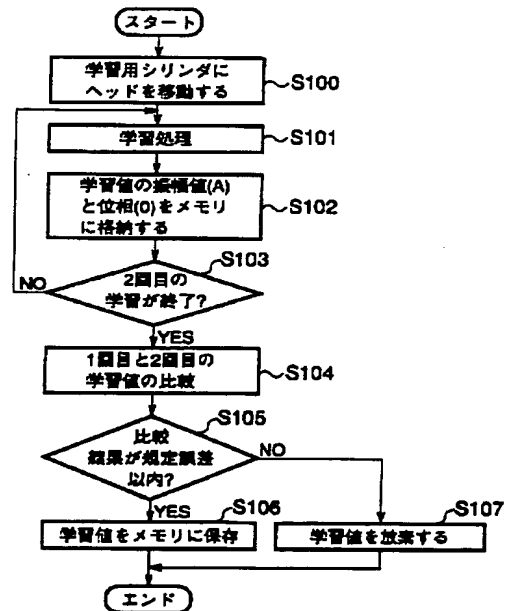
【図10】



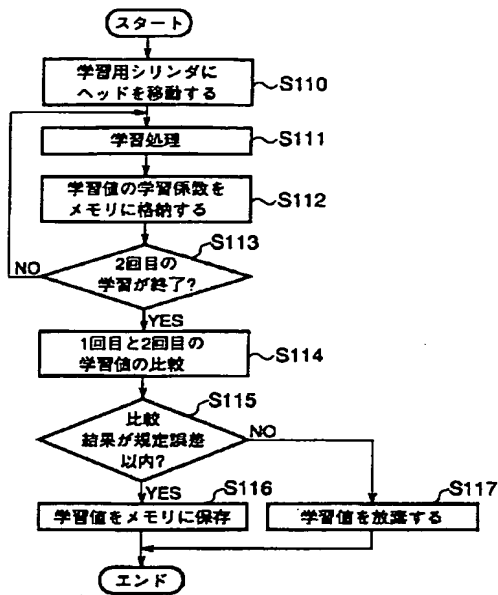
【図11】



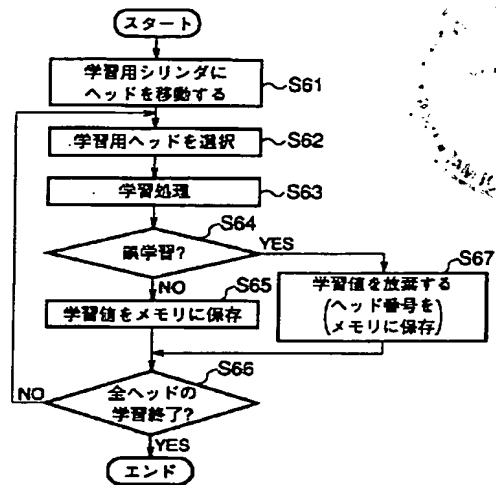
【図12】



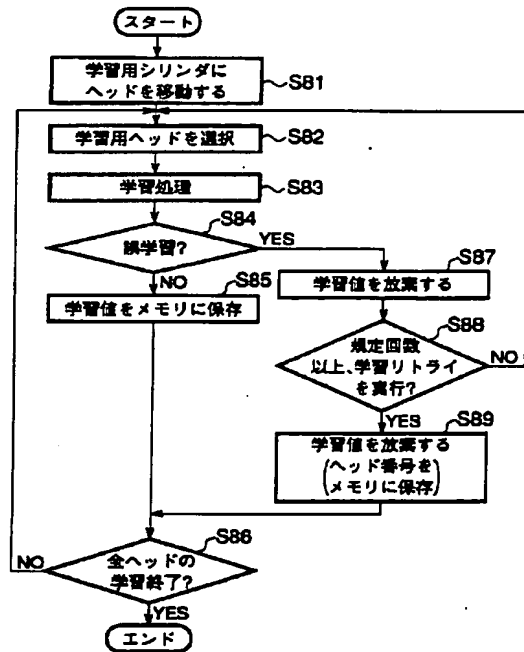
【図13】



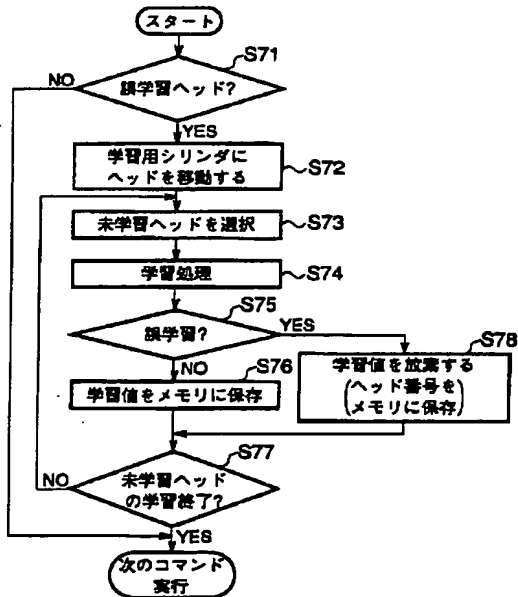
【図14】



【図16】



【図15】



【図 17】

